tt. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien. 1909. Heft 4 u. 5

# Der Nordapennin und die Westkarpathen,

## eine morphologische Parallele

von

**Dr. Ludomir R. v. Sawicki**

(Mit 2 Figuren im Texte)



Separatabdruck aus Mitt. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien. 1909. Heft 4 u. 5

# Der Nordapennin und die Westkarpathen,

## eine morphologische Parallele

von

**Dr. Ludomir R. v. Sawicki**

(Mit 2 Figuren im Texte)

---





# Der Nordapennin und die Westkarpathen, eine morphologische Parallele

Von Dr. Ludomir R. v. Sawicki

(Mit 2 Textfiguren.)

Seit langem schon war die große Ähnlichkeit des Apenninengebirges und der Karpathen den Geographen und Geologen aufgefallen. Ich hatte Gelegenheit, einige und zwar typische Teile beider Gebirge eingehend in morphologischer Hinsicht zu studieren und bin mir dieser bis ins Detail gehenden Ähnlichkeit der beiden Gebirgsbogen ganz besonders klar geworden; wenn ich sie, gestützt auf meine speziellen Untersuchungen, auf die ich bezüglich genauerer Nachweise ein- für allemal verweisen möchte,[1]) im folgenden, natürlich auch mit genügender Betonung der Unterschiede, skizzieren möchte, so geschieht es einerseits, um einen kleinen Beitrag zu liefern zu dem Gedanken, den De Martonne[2]) auf dem IX. Internationalen Geographenkongreß in Genf aussprach, man könnte durch genaue Vergleiche vielleicht zur Aufstellung von typischen Formenkomplexen auf der Erdoberfläche gelangen, andererseits um ein neues Licht zu werfen auf das morphologische Alter der drei Hauptgebirge Mitteleuropas, der Alpen, des Apennin und der Karpathen.

---

[1]) Sawicki L., Physiographische Studien aus den westgalizischen Karpathen. Geogr. Jahrbuch f. Österr. 1908, 67—96. — Sawicki L., Z fizyografii zachodnich Karpat. Archiwum naukowe, Lwów 1909 (im Druck). — Sawicki L., Skizze des slowakischen Karstes etc. Kosmos, Lwów 1908, 395—445. — Sawicki L., Un viaggio di studio morfologico per l'Italia Settentrionale. Riv. Geogr. Ital. 1909, 1—27. — Sawicki L., Ein morphologisches Profil durch den Nordapennin (im Druck). — Sawicki L., Podróż morfologiczna po północnych Włoszech. Kosmos 1909 (im Druck). — Sawicki L., Die jüngeren Krustenbewegungen in den Karpathen. Mittlg. d. Geolog. Ges. in Wien, 1909 (im Druck).

[2]) De Martonne E., Sur la position systématique de la chaîne des Karpathes. Communication au Congrès internat. de Géogr. à Genève 1908.

Die Karpathen und der Apennin gehören beide zu dem gewaltigen Faltengürtel, zu dem riesigen Gebirgssystem, das, eingeklemmt zwischen die nordeuropäisch-sibirische Tafel, die mit dem nordwesteuropäischen Schollenlande eine große Einheit bildet, und die afrikanisch-dekhanische Platte, an der Stelle eines uralten Mittelmeeres (der Thetys), das die Hohlform einer gewaltigen Geosynkline ausfüllte, emportauchte, emporgefaltet und emporgehoben wurde. Es sind gleichsam zwei abirrende Zweige des komplexen, mediterranen Gebirgsbogens. Die Karpathen lösen sich vom Nordrande des Hauptstammes ab, um ihn nach mächtigem, einheitlich und sicher geschwungenem Bogen wieder zu erreichen, die Apenninen zweigen am Südrande ab, schlagen einen scharfgekrümmten, gegen NE konvexen Bogen gegen Süden ein, um mit sizilianischen, nordafrikanischen und südspanischen Gebirgstrümmern den bekannten sekundären, westmediterranen Gebirgsring zu bilden.

Beide Gebirge sind typische Faltengebirge, deren Faltenwurf ebenso wie die Konvexität gegen Norden gerichtet ist und stellenweise einer typischen Schuppenstruktur, andererseits einer Kerngebirgsstruktur Platz macht. Während die Außenzone sich mit einer manchmal bis zur Überschiebung gesteigerten Intensität auf das Vorland drängt, brechen an der Innenseite im Hinterlande gewaltige Partien der Oberfläche ein und schaffen hier wie dort eine typische Beckenlandschaft. Nicht nur tektonisch und strukturell ist gerade dieser Gegensatz des in langgezogene Falten gedehnten, monotonen Flyschgebirges und der polygenen, aus isolierten Kesseln und Kerngebirgen zusammengesetzten Innenzone bezeichnend, sondern auch landschaftlich, morphologisch: dort sehen wir vor uns ein langgezogenes, aus dem ewig wechselnden und doch recht einheitlichen und monotonen Flyschmateriale aufgebautes Kettengebirge, hier eine mannigfaltige, wie ein Mosaik aus verschiedenartigstem kristallinem und sedimentärem Materiale aufgebaute Beckenlandschaft.

Die Analogien in der Evolution und Ausbildung des Reliefs beider Landschaftstypen sind sehr weitgehende und werden aus einer kurzen Übersicht des Formenschatzes, die wir an einem schematischen Durchschnitte der beiden Gebirge in den Grundzügen leicht kennen lernen können, klar hervorgehen.

Die W e s t k a r p a t h e n (Fig. 1): Die äußerste Zone der Flyschkarpathen bildet eine ganz gewaltige Einebnungsfläche, hier

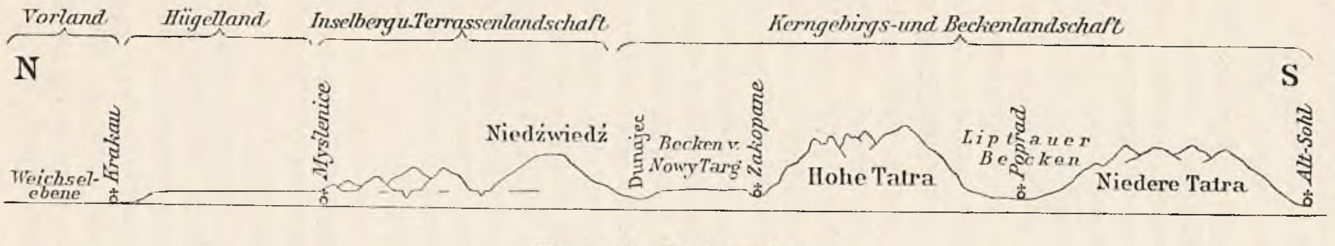



Fig. 1. Die Westkarpathen.

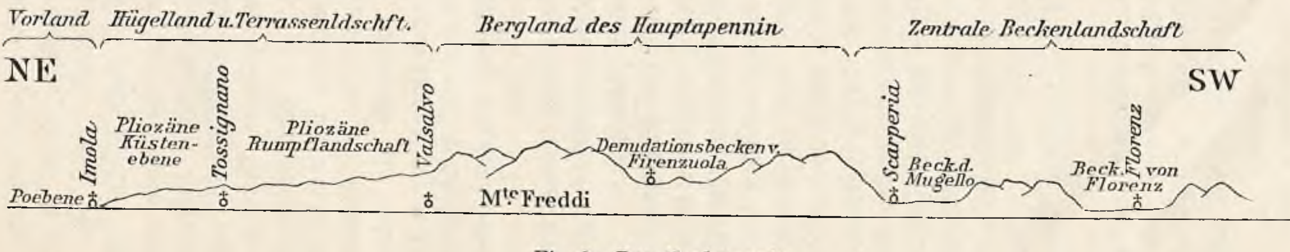



Fig. 2. Der Nordapennin.

von 300—400 m Höhe, die die komplizierte Schuppenstruktur des tektonischen Reliefs scharf abschneidet, von einigen niedrigen, durch größere Widerstandsfähigkeit des Materials bedingten Monadnocks überragt wird und sich in den breiten Rückenflächen und Ebenheiten in der Höhe klar rekonstruieren läßt. Dieses Niveau setzt sich gegen Süden im Berglande in Form breiter und hochgelegener Flußterrassen fort, auf denen Tatraschotter liegen und die endlich in eine Fußebene am Nordrande der Tatra auslaufen. Über dieses einheitliche Einebnungsniveau erhebt sich eine große Anzahl von Inselbergen, die nicht abgetragenen Reste eines höheren Niveaus, die stehengebliebenen Zeugen alter Wasserscheiden. Nicht nur das höhere Niveau wurde durch die Terrassenlandschaft zerschnitten, sondern ebenso auch diese von jüngeren Tälern zerteilt, die unter das untere Niveau noch 150—200 m herabgehen. Aus den Einebnungsformen dieser drei Zyklen und den dazugehörigen Verschneidungs- und Übergangsformen setzt sich der Formenschatz des westkarpathischen Flyschgebirges zusammen.

Die zwei jüngeren Zyklen wurden veranlaßt durch Hebungen und Schiefstellungen von verschiedenem Ausmaße und mit lokalen Einbiegungen. Ihr Alter ist sicher miozän und erst die allgemeine Aufwölbung der Karpathen nach der Transgression des Tortonien ist jünger, sarmatisch.

Auf den Einebnungsflächen ging ein konsequentes, aus einzelnen mehr oder weniger parallelen Strängen bestehendes hydrographisches Netz nach Norden. Veränderungen in diesem Talnetze, das nur selten eine Abhängigkeit von der tektonischen Struktur verrät, bewirkten die posttortonischen, vorhin erwähnten Einbiegungen, so die Ablenkung des Oberlaufes der Ur-Skawa und Ur-Raba zum Dunajec; mit denselben Einbiegungen steht die Genesis von Denudationsdurchbrüchen und subsequenten Denudationstiefenlinien im Zusammenhange. Die marine Tortonientransgression, welche die Berglandschaft in eine Insellandschaft umwandelte und die Täler verschüttete, war nur eine kurze und morphologisch nicht sehr bedeutsame Episode in der Evolution des Reliefs des westgalizischen Flyschgebirges.

Konsequent-antezedente Täler führen uns in die zentrale Beckenlandschaft, die sich zusammensetzt aus einer Reihe wohl und hoch umwallter Becken, die meist durch mehrfache Krustenbewegungen entstanden sind, zum Teile zugeschüttet wurden, die Gewässer in einem zentralen Netze sammeln und Hauptadern

zuführen, welche die die Becken trennenden Kerngebirge in antezedenten Durchbrüchen queren und die hydrographischen Einzelsysteme der Becken zu großen einheitlichen Systemen zusammenschweißen. Das jugendliche Alter der Beckenbildung ergibt sich aus den Dislokationen junger Ablagerungen und noch nicht beendeten Kämpfen um Wasserscheiden.

Der Nordapennin (Fig. 2): Der Außenrand wird gebildet von einer pliozänen, gehobenen Küstenebene, deren Charakter aus den fast ungestörten, schwach nordfallenden Tonablagerungen des Pliozän erhellt, an die sich Deltabildungen und schließlich ein heute herauspräpariertes Gipsband anschließen; diese Bildungen wurden gehoben und dann von konsequenten und insequenten Flüssen und Bächen zertalt, aber nicht gefaltet.

Daran schließt sich im Süden das miozäne Bergland, dessen Höhen die unzweifelhaften Spuren einer senilen Landschaft aufweisen, die zur pliozänen Strandebene gehörten, also auch pliozänen Alters sind: eine jungpliozäne oder postpliozäne Hebung der Landschaft hatte die Zertalung derselben, verbunden mit Terrassenbildung, zur Folge, wobei die letzten Erosionsphasen so jugendlich sind, daß die Nebentäler, die in der Eintiefungsarbeit nicht mit den Haupttälern gleichen Schritt halten konnten, heute noch mit Stufenmündungen und Wasserfällen das Haupttal erreichen.

Das eozäne Bergland des Hauptapennin, das hierauf gegen Süden in bedeutender Breite folgt, hat ganz ausschließlich jugendliche Formen, sowohl die senilen Formen in der Höhe wie die Terrassenlandschaft in den Tälern sind hier gänzlich verschwunden, jugendliche Formen der Berge sowie Schluchten sind an ihre Stelle getreten. Nur das Auftreten der weichen widerstandslosen Kreidemergel verursacht die Ausbildung von reifen Denudationsbecken und Denudationsdurchbrüchen.

Auf der Südseite des Hauptkammes dehnt sich die schöne Beckenlandschaft des zentralen Apennin aus, deren Teilbecken im Präpliozän eingebrochen, im Pliozän zugeschüttet und im Jungpliozän oder Postpliozän nochmals eingebogen wurden. Die neuen Abdachungen ließen ein typisch zentripetales Entwässerungsnetz in jedem Becken zur Ausbildung kommen, das mit der Zeit und mit einer von der Höhenlage des Beckens abhängigen Intensität eine verschieden weit gediehene Zerschneidung der Beckenzuschüttung, meist in mehreren Etappen, bewirkte. Antezedent-

konsequente Flußdurchbrüche schmieden dann die einzelnen Teilnetze der Becken zu großen einheitlichen hydrographischen Systemen zusammen. Die zwei Hauptzyklen, die wir in den tektonischen Bewegungen bei der Beckenbildung begründet und in der Zerschneidung der Beckenzuschüttung erkennbar finden, können wir auch in der Entwicklungsgeschichte der Formen der Beckenumwallung nachweisen.

Und nun ergeben sich aus den oben angeführten aphoristischen Skizzen nicht uninteressante allgemeine Sätze:

Der Außengürtel sowohl der Karpathen wie des Apennin hat vielfach eine Einebnung des tektonischen Reliefs erfahren; die so entstandenen greisenhaften oder reifen Einebnungsformen unterlagen dann einer mehrmaligen Zerschneidung, die immer hervorgerufen wurde durch eine Tieferlegung der Erosionsbasis, die wir meist einer positiven Hebung des Landes, jugendlichen Krustenbewegungen, zuschreiben müssen. So erkennen wir im heutigen Landschaftsbilde und seinem Formenschatze eine Reihe von Formensystemen, die verschieden alten Einebnungs- und Erosionsphasen entstammen, deren Entwicklung dann unterbrochen wurde, um neuen jugendlichen, sie zerstörenden Formenreihen Platz zu machen.

Der Außenbogen stellt hier wie dort eine im allgemeinen einheitliche und gleichartige Abdachung gegen Norden dar, auf der sich eine konsequente, sie eben zerschneidende Hydrographie entwickelte. Auch die Entwicklung dieses Gewässernetzes erfolgte in mehreren Etappen, gelangte dabei zu verschiedenen Alterszuständen und paßte sich so den strukturellen und Härtebedingungen der Schichten an, wobei manchmal auch eine Verschiebung der Wasserscheiden stattfand. Die Flußsysteme sind ganz einfach, symmetrisch, gleichmäßig entwickelt und einander parallel angeordnet; sie streben hier wie dort konsequent einer alten Küste zu. Dabei erscheinen die morphologischen Elemente ganz regelmäßig zonal angeordnet in Streifen, die parallel laufen zur alten Küste und die auch zusammenfallen mit dem Verlaufe verschieden alter und verschieden widerstandsfähiger Schichten; die zonale Anordnung der Landschaften und der morphologischen Eigentümlichkeiten ist außerordentlich bezeichnend für den Außenbogen.

Endlich wurde dieser Außenbogen sowohl bei den Karpathen wie beim Apennin einige Male von jüngeren Krustenbewegun-

gen erfaßt, die der Hauptfaltung erst spät nachfolgten und die erst das Gebirge zu der Höhe emporhoben, in der wir es heute antreffen. Durch sie wurde die Ausbildung des Reliefs der beiden Gebirge veranlaßt; denn die durch sie bewirkte Verschiebung der Erosionsbasis spiegelte sich in der jedesmaligen Zertalung der Landschaft wieder, die desto jugendlicher und reicher gegliedert wurde, je intensiver und jünger die Krustenbewegungen waren.

Das zentrale Bergland hat hier wie dort durch zahlreiche, meist in zwei Etappen erfolgte automorphe und hetoromorphe, lokale Krustenbewegungen das Aussehen einer typischen Beckenlandschaft erhalten. Hinsichtlich der Schönheit und Klarheit dieser Beckenlandschaft können die Karpathen und der Apennin miteinander rivalisieren. In Bezug auf die Großformen und die allgemeinen Züge herrscht bei beiden eine große Ähnlichkeit. Die Becken mit ebenen, zugeschütteten Böden werden dicht von der hohen Umwallung umschlossen; den neuen, durch den Einbruch der Becken entstandenen Abdachungen mußte sich das Netz der schwächeren Gewässer in zentripetaler Entwicklung anpassen. Geeinigt in großen, zentralen Adern, konnte das Wasser dann die Umrahmung meist in antezedenten Talstrecken durchbrechen, oft an gerade recht hohen Stellen der Umrahmung. Diese Durchbrüche zeichnen sich durch eingesenkte Mäander, Unabhängigkeit vom Verlaufe der Schichten und Höhen, durch Mündungen zweier Flüsse im Durchbruche, die sich leichter in den Becken, aus denen beide kommen, hätten vereinigen können, und oft durch hochgelegene, alte Talböden aus. Durch diese Durchbrüche werden die einzelnen zentralisierten, hydrographischen Netze der Becken zu einer größeren komplexen, inhomogenen Einheit zusammengeschlossen.

An die zentrale Beckenlandschaft schließt sich endlich in den Karpathen und ebenso im Apennin eine Vulkanlandschaft, ein Vulkanring, an, der am Innenrande der Karpaten viel gewaltiger ist als am Innenrande des Apennin und dort aus einer Reihe miteinander verschmolzener, ausgedehnter Gebirge besteht. Die Vulkanausbrüche sind hier wie dort jünger als die Hauptfaltung und stehen in innigem und kausalem Zusammenhange mit den jüngeren Krustenbewegungen, welche die beiden Gebirge en bloc emportrieben; wir werden dies verstehen, wenn wir zugeben, daß die Hauptfaltung und Überfaltung der beiden Gebirge in großen Tiefen stattfand, wo der gewaltige Druck der über-

lastenden, mächtigen Gesteinskruste dem Magma keinen Ausweg gestattete, während bei den oberflächlicheren, jüngeren Krustenbewegungen genügende Druckdifferenzen entstehen konnten, daß an den Stellen lokaler Druckentlastung das Magma empordrang.

Das war regelmäßig dort der Fall, wo an die Gebirgslandschaft der Karpathen und des Apennin die großen zentralen Kessel sich anschlossen, die bis in die allerjüngste Zeit hier wie dort noch einsinken. Beim Apennin wurde diese mächtige eingesunkene Scholle Landes, die Tyrrhenis, vom Meere ingrediert und noch nicht zugeschüttet. Das Alföld am Innenrande des Karpathenbogens wurde, nachdem die Meere es verlassen hatten, von gewaltigen fluviatilen und äolischen Bildungen zugeschüttet.

Wir finden es ganz natürlich, daß eine so weitgehende Ähnlichkeit der großen morphologischen Züge auch große Analogien in anthropogeographischer Hinsicht in der Verteilung der Bevölkerung, in der Anlage der Siedlungen und in der ökonomischen Auswertung der Lebensbedingungen zur Folge haben mußte. Sowohl in den Westkarpathen wie im Nordapennin können wir in dieser Hinsicht folgende ganz allgemeine Sätze aufstellen:

*a*) In der stark eingeebneten äußeren Zone sammelt sich das Gros der Bevölkerung auf den sanft undulierten Flächen der Höhenregion an und lebt hauptsächlich vom Ackerbau, dem der fruchtbare, ebene Boden sehr günstig ist. An den Flüssen dagegen werden Handels- und Umtauschplätze mit überwiegend kaufmännischer und kleingewerblicher Bevölkerung angelegt.

*b*) In der stark zertalten, jugendlichen Zone der Berglandschaft des Apennin und der Karpathen werden die Täler zu außerordentlich markanten Leitlinien für die Anlage der Siedlungen, die in Anbetracht der häufigen und reißenden Überschwemmungen der Gebirgswässer besonders die Terrassen aufsuchen. Da selbst eine intensive Forstwirtschaft der stark bewaldeten Bergrücken den geringen Erwerb aus dem spärlichen Ackerbaue nicht wettmachen kann, ist ein Teil der Bevölkerung gezwungen, sich den Lebensunterhalt in der weiteren Fremde oder in der fruchtbaren Ebene des Vorlandes zu suchen, was dauernde oder periodische Auswanderungen veranlaßt, oder durch Hausindustrie zu verdienen. Die vom Walde dunklen und jugendlich steilen, interfluvialen Rücken sind siedlungsleer, menschenarm.

*c*) In der inneren Zone der zentralen Beckenlandschaft ist der orographische, floristische und klimatische Gegensatz zwischen

den Akkumulationsebenen der Becken und den stark zergliederten und zertalten Umwallungen das maßgebende Moment für die Verteilung der Bevölkerung und die Lebensweise. In den Becken versorgt eine kommerzielle, zentrale Siedlung, die meist auch ein Knotenpunkt des Verkehres und der Kommunikationsmittel, eine Zentralstelle des Geldumlaufes, des Unterrichtes und der Administration ist, eine Reihe von Randsiedlungen, deren Charakter überwiegend bäuerlich ist und deren Existenz auf der großen Rentabilität des Ackerbaues in der Beckenebene beruht. Die gebirgige, waldreiche Umwallung dient der Forstkultur, ist menschenarm und wird wirtschaftlich und oft auch politisch vollständig von der Beckenbevölkerung beherrscht. Auf die klimatischen und floristischen, in beiden Gebirgen analogen Gegensätze zwischen Becken und Umwallung will ich hier nicht näher eingehen.

Im Verhältnisse zu dieser frappanten Ähnlichkeit der Westkarpathen und des Nordapennin spielen die morphologischen Unterschiede eine allerdings etwas untergeordnete, aber meist sehr bezeichnende Rolle und sind für den Morphologen nicht minder interessant wie die Analogien. Sie beruhen vor allem auf dem verschiedenen geologischen und morphologischen Alter der Formen und dann auf der durch die Differenzen des mediterranen und des mitteleuropäischen Klimas bedingten, etwas geänderten Wirkungsweise der Denudationsvorgänge.

Was das geologische Alter der Formen anbelangt, so ist man zwar heute der Ansicht, daß die Hauptfaltung und Überfaltung der Karpathen sowohl wie des Apennin in gleicher Weise etwa an die Grenze von Paläogen und Neogen zu setzen sind, daß sie in beiden Gebirgen also ungefähr gleich alt sind. Aber wir wissen auch — und ich habe dies schon oben betont —, daß diese Hauptfaltung nicht das heutige Aussehen, die heutige Höhe der beiden Gebirge hervorzubringen imstande war, sondern daß diese erst den jüngeren Krustenbewegungen en bloc zu danken sind. Der wohl einfachere Faltenwurf der apenninischen Flyschzone und der kompliziertere Faltenwurf der karpathischen Flyschzone sind für die Großformen der beiden Gebirge ohne Einfluß geblieben. Dagegen muß betont werden, daß gerade die morphologisch so bedeutsamen jüngeren Bewegungen in den Westkarpathen vorwiegend miozänen, zum Teile noch sarmatischen Alters sind, dagegen im Nordapennin erst im Jungpliozän und noch später vor sich gingen. Daher sind auch die Zyklen, die durch

die Krustenbewegungen hervorgerufen wurden, in den Karpathen viel älter als im Apennin.

Es ist daher ganz selbstverständlich, daß auch das morphologische Alter des westkarpathischen Formenschatzes sich von dem des nordapenninischen unterscheidet: jenes ist älter. Allerdings sind die Einebnungsflächen in den Karpathen wohl besser erhalten als im Apennin; aber das hängt mit der intensiveren Ausbildung derselben in den Karpathen zusammen und nicht etwa mit einer größeren Jugend; es ist auch der karpathische paläogene Flysch etwas widerstandsfähiger als der miozäne Sandstein und pliozäne Ton des Apennin. Aber sowohl die Bergformen, die Rücken, wie die Talformen und Terrassen sind im Nordapennin viel schärfer, jugendlicher und frischer als in den Karpathen; ja die Verjüngung der apenninischen Täler ist so neu, daß die Nebenbäche sie meist noch nicht beenden konnten und in ganz respektablen, 20—40 m hohen Stufenmündungen und Wasserfällen oder in schönen Mündungsklammen das Haupttal erreichen; in den westlichen Flyschkarpathen kommt eine solche ungleichsohlige Mündungsform ebenso wie etwa ein Wasserfall und eine Klamm durchaus nicht vor.

Auch die Beckenbildung des Apennin ging noch nach der ersten präpliozänen Anlage im Postpliozän weiter vor sich, daher sind hier die Zuschüttungsformen noch frisch, wenig alteriert, überragen, selbst wenn sie schon zerschnitten wurden, die Täler in Form tafelglatter Flächen und Terrassen. In den Karpathen begann die Beckenbildung schon im Miozän und war jedenfalls im Jungtertiär schon ganz beendet. Hier haben sich auch keine ursprünglichen Akkumulationsformen mehr erhalten, die Terrassen sind unscharf, die Platten zwischen den Tälern in zugerundete Riedel umgewandelt.

Endlich ist auch das Phänomen des Vulkanismus im Apennin viel jünger als in den Karpathen. Dort dauert es, wie bekannt, noch heute an; ganz junge, frische Kegelformen, unberührte Lavaströme, die immer noch von neuem hervorquellen, noch dampfende Solfataren, Fumarolen und Mofetten machen gerade den Innenrand des Apennin zur Schule der europäischen Vulkanologen. In den Westkarpathen ist der Vulkanismus längst erstorben, die Haupteruptionsphase war miozän, intermediterran; daher sind hier alle Formen schon stark abgetragen, Kegel zertalt, zerschnitten, in Rücken umgewandelt, die die Urform

oft kaum mehr ahnen lassen, Lavadecken zerrissen und weggetragen. Überall herrscht das Gesetz der Widerstandsfähigkeit des Materials: was lose ist und weich (viele Tuffe und viel zersetztes Material), wird abgetragen und bildet Tiefenlinien, Hohlformen; was hart ist (besonders Ganggesteine, Vulkanhälse, Laven und verfestigte Tuffe), bildet die Berge und Rücken, die Vollformen. Kurz, das verschiedene geologische und morphologische Alter des Vulkanismus im Apennin und in den Karpathen äußert sich darin, daß dort die Akkumulationsformen, die ursprünglichen Formen, herrschen, hier die Denudationsformen, die ausgearbeiteten Formen.

Eben wegen ihrer größeren Jugend und Frische ist uns die Geschichte der morphologischen Evolution beim Apennin viel klarer und sicherer zu entziffern als bei den Karpathen. Dazu kommt noch, daß das Meer in jüngster Zeit noch große Teile des Apennin am Außenrande überflutete, während es den Außenrand der Westkarpathen schon seit alters verlassen hat. Noch im Pliozän brandete das Meer am Nordsaume des Nordapennin, hinterließ dort als Zeugen seiner Anwesenheit mächtige Ablagerungen, deren Lagerungsverhältnis zum Formenschatze des Nordapennin eine ganz vorzügliche Altersbestimmung desselben zuläßt und ermöglicht. Schon der senile einfache Küstenverlauf und das feine Ablagerungsmaterial (pliozäne Tone) verrät uns den greisenhaften Einebnungszustand des Nordapennin im Pliozän. In den Westkarpathen kennen wir nur Transgressionszeugen des jüngeren miozänen Meeres; eben wegen ihres hohen Alters haben sie sich nur in spärlichen, kleinen und überdies dislozierten Resten erhalten, welche eine Deutung und Klärung des Alters des Formenschatzes nicht so ganz leicht machen und einwandfrei erscheinen lassen. Die miozäne Meeresküste der Westkarpathen war eine inselreiche, kompliziert gestaltete, kaum rekonstruierbare Riasküste; die einfache, geradlinige pliozäne Meeresküste am Außensaume des Nordapennin glauben wir hingegen noch heute reell vor uns in der Natur zu sehen, da sie markiert ist durch den in Form einer Cuesta herauspräparierten Gipsrücken, der auf viele, viele Kilometer auffallend in der Landschaft zu erkennen ist.

Schließlich sind die verschiedenen klimatischen Verhältnisse in den Westkarpathen und in dem Apennin von einer gewissen, nicht zu unterschätzenden Bedeutung für die Ausbildung der morphologischen Detailformen, für den Gang der Denudation. Die Tatsachen und Eigentümlichkeiten, die hier in Betracht

kommen, sind vornehmlich folgende: Das mediterrane Klima des Apennin zeichnet sich aus: 1. durch relativ starke Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht, 2. durch intensive, plötzliche, kräftige, aber kurz dauernde lokale Schlagregen, 3. durch darauffolgende schnelle und intensive Austrocknung und 4. durch nicht seltenen Mangel an Vegetation, durch Wunden und Blößen in der Vegetationsdecke. Das mitteleuropäische Klima der Westkarpathen zeichnet sich hingegen aus: 1. durch das Vorhandensein der Frostwirkung bei der mechanischen Verwitterung, 2. durch sanfte, aber länger andauernde, allgemeinere Landregen, 3. durch immerwährende Durchfeuchtung des Bodens und der Verwitterungsrinde bis nahe an die Oberfläche und 4. durch allgemeine Lückenlosigkeit der Vegetationsdecke.

Die morphologischen Folgen dieser Verhältnisse äußern sich vor allem darin, daß im Apennin die Schaffung von Verwitterungsschutt und die mechanische Verwitterung überhaupt viel intensiver ist als in den Karpathen, daß dagegen der flächenhafte Abtragungsvorgang, das Kriechen, in Mitteleuropa dauernder und intensiver ist als im Süden, weil die hier konstante Durchtränkung des Schuttes dessen Reibungswiderstände bei der Bewegung vermindert. Die geringe Wirkung des Kriechens wird im Apennin durch die großen Wirkungen der plötzlichen und intensiven Abspülung wettgemacht. Diese bewirkt auch eine außerordentlich feine und reiche Gliederung der Oberfläche, die sich in einer sehr großen Taldichte ausspricht. Die während der Schlagregen geschaffenen, feinen Talformen erhalten sich gut, weil sie bei der darauffolgenden, schnellen Austrocknung starr werden, während sie in einem feuchteren Klima bei intensiveren Kriechprozessen schneller dem Verfalle unterliegen würden, wo die kleinen Talformen oft von Verwitterungsschutt erstickt werden. Sowohl die talbildende Wirkung der Schlagregen als die schuttschaffende Wirkung der mechanischen Verwitterung ist besonders intensiv, wo eine Lücke im Pflanzenkleide diesen Agentien freien Zutritt zum Bodenmateriale selbst gewährt, den Anprall der Regentropfen und das Abfließen des Wassers nicht hemmt, die Temperaturschwankungen nicht mäßigt. Bezeichnend ist, daß diejenigen Partien des Apennins, die klimatisch sich Mitteleuropa nähern, also die höheren Zonen, auch in der Form der Denudationsprozesse und der Talbildung der mitteleuropäischen sich annähern.

Die wesentlichen und weitgehenden Übereinstimmungen in der morphologischen Entwicklung der Westkarpathen und des Nordapennins legen uns den Gedanken nahe, diese beiden Gebirgspartien als Variationen eines morphologischen Gebirgstypus aufzufassen. Ich enthalte mich einer Namengebung, bevor nicht weitere, ausgedehntere Studien die große Zahl der Gebirge der Erde in morphologischer Hinsicht auf eine nicht allzu große Reihe von Gebirgstypen reduzieren; man hat sich ja schon gewöhnt, von alpinen und jurassischen Typen zu sprechen, ohne sie allerdings schon scharf definiert zu haben.

Was aber den obigen Ausführungen noch mehr Interesse zu verleihen imstande ist, ist das Ergebnis, daß dieselbe Entwicklung, die die Karpathen im Miozän und Sarmatikum durchgemacht haben, die Apenninen im Pliozän und Quartär durchgemacht haben, das heißt eine Reihe von Krustenbewegungen (Hebungen, Einbrüche, vulkanische Ausbrüche) und eine Reihe dadurch hervorgerufener Zyklen. Der Umstand, daß wir die präglaziale Oberfläche in den Alpen in gewaltigen Höhen in oft sehr reifen bis senilen Formen finden, legt den Gedanken nahe, der schon mehrfach ausgesprochen wurde, daß die Alpen noch im Quartär nicht unbedeutende Hebungen und Schiefstellungen erfahren haben, die vielleicht sogar für die Entwicklung des Glazialphänomens in weitgehendem Maße werden zur Verantwortung gezogen werden müssen. Leider ist man in den Alpen an die wegen der Maskierung durch den eiszeitlichen Formenschatz gewiß sehr schwierige Erforschung des jungtertiären Formenschatzes kaum noch herangetreten. Daher wollen wir hier nur in aller allgemeinster und hypothetischer Form einige Sätze bezüglich des morphologischen Alters dieser Gebirge aufstellen, gestützt auf folgende Tatsachen:

1. Alpen, Apennin und Karpathen wurden fast gleichzeitig an der Wende des Alttertiär zum Jungtertiär gefaltet und überfaltet.

2. Alle drei erlitten im Jungtertiär weitgehende Veränderungen durch jugendliche Krustenbewegungen, welche eine Reihe verschieden weit gediehener Zyklen inaugurierten.

3. Die Karpathen „lebten“ am intensivsten im Miozän und Sarmatikum, der Formenschatz von damals ist noch heute maßgebend.

4. Der Apennin lebte am intensivsten im Pliozän, sein älterer Formenschatz ist vorläufig fast unbekannt, der pliozäne durch quartäre Bewegungen wenig alteriert.

5. Die Alpen waren schon im Pliozän in weitgehendem Maße ausgereift, noch mehr vielleicht an der Wende zum Quartär und verjüngten sich erst durch die im Quartär erfolgte Hebung und die intensive, gleichzeitige, vielleicht kausal damit verknüpfte Vergletscherung.

6. Daß die Alpen ein Gebiet der Hebung, die Karpathen ein solches der relativen Senkung bedeuten, legt uns auch die Beobachtung gewisser tektonisch-morphologischer Tatsachen nahe, so z. B. daß manche in den Karpathen breit und mächtig entwickelten Überfaltungsdecken in den Ostalpen nur als hochgelegene Deckschollen auftreten.

7. Auch der Vulkanismus ist in den Westkarpathen der älteste, miozän, im Apennin pliozän bis rezent, in den Alpen wohl noch nicht ausgebrochen oder nur schwach angedeutet und überwiegend quartär.

Darum ergibt sich für die morphologische Entwicklung der drei Hauptgebirge Mitteleuropas folgendes Schema bezüglich der Hauptepochen der für den heutigen Formenschatz maßgebenden Krustenbewegungen und geographischen Zyklen:

| | Paläogen | Jungmiozän | Pliozän | Quartär |
|---|---|---|---|---|
| 1. Westkarpathen | Hauptfaltung | Krustenbewegungen und Zyklenentwicklung | — | — |
| 2. Nordapennin . | Hauptfaltung | — | Krustenbewegungen und Zyklenentwicklung | — |
| 3. Alpen . . . . . | Hauptfaltung | — | Krustenbewegungen und Zyklenentwicklung | |

Danach wären die Westkarpathen das morphologisch älteste, die Alpen das morphologisch jüngste der drei großen, mitteleuropäischen Gebirge.

